

**SAVONIA**

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

OPTINEN TIETOLIIKENNE- VERKKO

Runkoverkon kartoitus ja suunnittelu

TEKIJÄ: Juha-Pekka Alho

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Juha-Pekka Alho	
Työn nimi Optinen tietoliikenneverkko – runkoverkon kartoitus ja suunnittelu	
Päiväys 19.1.2018	Sivumäärä/Liitteet 32/0
Ohjaaja(t) Ilkka Kosonen (AH-Talotekniikka), Pekka Vedenpää (Savonia), Veijo Pitkänen (Savonia)	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) AH-Talotekniikka (AH Elens Oy) / Kuopion Energia Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön aiheena oli optinen tietoliikenneverkko, tarkemmin runkoverkon kartoitus ja suunnittelu. Työn tavoitteena oli tuottaa Kuopion Energian voimalaitoksen alueelle toimiva ja muunneltava optinen tietoliikenneverkko.</p> <p>Työssä tarkastellaan optisia kuituja yleisesti niiden ominaisuuksien selvittämiseksi ja vertailuksi parikaapeloinnilla toteutettuun verkon nähden. Lisäksi laadittiin runkoverkon osalta suunnittelumateriaali asiakkaan käyttöön. Suunnittelu alkoi nykytilanteen kartoituksella ja käyttäjän tarpeiden määrittämisellä. Näiden selvittyä voitiin aloittaa varsinainen suunnitteluprosessi. Datajakokaappien paikat ja niiden väliset kaapeloinnit suunniteltiin tiiviissä yhteistyössä käyttäjän kanssa, jotta runkoverkko palvelisi mahdollisimman hyvin tietoliikenteen käyttötarpeita. Työhön sisältyi suunnitteludokumenttien lisäksi urakkalaskentaa ja toteutusta varten tarvittavat dokumentit: sähköselitys, sähköurakan hankintarajat, tarjouskaavake ja yksikköhintaluettelo.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin urakkalaskentaa ja asentamista varten tarvittavat dokumentit, joita voidaan hyödyntää projektin toteutusvaiheessa.</p>	
Avainsanat Optiset kuidut, runkoverkko, suunnittelu	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Juha-Pekka Alho			
Title of Thesis Optical Telecommunication Network – Present Status and New Designs			
Date	19 January 2018	Pages/Appendices	32/0
Supervisor(s) Mr Pekka Vedenpää, Laboratory Engineer (Savonia), Mr Ilkka Kosonen, CEO (AH-Talotekniikka), Mr Veijo Pitkänen, Lecturer (Savonia)			
Client Organisation /Partners AH-Talotekniikka (AH Elens Oy) / Kuopion Energia Oy			
<p>Abstract</p> <p>The importance of a modern-day telecommunication network can be easily overlooked when the network is working properly, but when there are some problems with the network, almost everyone will notice them. That is the reason why networks should be designed properly, so that important present-day communication can go reliably through them. The aim of this thesis was to examine and design the backbone of a telecommunications network. The objective was to develop a functional and convertible optical telecommunications network to Kuopion Energia's power plant region.</p> <p>This thesis addressed fiber optics in general, examined their features and compared them to traditional paired cable networks. Additionally, a design material of the backbone of the network was composed for the use of the client. The design was started by examining the present status of the network and examining the client's needs. After the present status and the client's needs had been examined, the design process was started. The locations of the IT enclosures and the cables between them were designed closely with the client to ensure that the network would serve the telecommunications needs in the best possible way.</p> <p>As a result, this thesis includes the necessary documents to implement the project: design documents, an electrical report, a contract calculation, contract's threshold limits, bid documents and a unit price list.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Optical fibers, main communications network, planning</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	OPTISET KUIDUT	7
2.1	Monimuotokuidut	10
2.2	Yksimuotokuidut	11
2.3	Vaimennus	12
2.4	Kaistanleveys.....	14
2.5	Värijärjestelmät	15
2.6	Optiset liittimet	16
2.7	Ympäristöluokitus MICE.....	19
3	TIETOLIIKENNE RUNKOVERKON SUUNNITTELU TYÖKOHTEESSA.....	22
3.1	Suunnittelun lähtökohdat.....	22
3.2	Nykytilanteen ja tarpeiden kartoitus	22
3.2.1	Olemassa oleva dokumentaatio	23
3.2.2	Paikanpäällä tehtävä kartoitus.....	23
3.3	Runkoverkko	24
3.3.1	Suunnittelun lähtökohta.....	24
3.3.2	Tiedonsiirron tarve	25
3.3.3	MICE-luokitus	25
3.4	Datajakokaapit.....	27
3.4.1	Sisäkaapit	28
3.4.2	Ulkokaapit	29
3.5	Sähkönjakelu	30
3.6	Tarjousasiakirjat	31
4	YHTEENVETO.....	31
	LÄHDELUETTELO.....	32

LYHENNELUETTELO

DJK	datajakokaappi
UPS	uninterruptible power supply
SM	single mode
MM	multi-mode
PON	point to multipoint
PC	physical contact
HP2	Haapaniemi 2 – voimalaitos
HP3	Haapaniemi 3 – voimalaitos
U	unit

1 JOHDANTO

Erilaisten järjestelmien reaaliaikainen seuranta ja päivitys ovat yhä suuremmassa roolissa nykyajan liike-elämässä. Johtajat haluavat napin painalluksella raportin, kuinka tehtaalla menee, mikä on prosessin tilanne, onko tarvittavia huoltokohteita, mikä on käyttöaste, jne. Tämän kaiken datan luotettava ja nopea siirtäminen tarvitsee panostuksia tietoliikenneverkkoon. Tulevaisuudessa tulee varmasti olemaan tarvetta entistä nopeammille yhteyksille, sillä liikkuvan datan määrä tulee entisestään lisääntymään. Laitteita ei välttämättä enää kerätä yhden järjestelmän osaksi, vaan yksittäisiä laitteita liitetään suoraan verkkoon kiinni. Tästä seuraa verkko-osoitteiden moninkertaistuminen ja datamäärän lisääntyminen. Näin saadaan kuitenkin toteutettua entistä nopeampi ja tarkempi seuranta laitteistoista. Käyttäjä näkee suoraan laitteen tilan ja tulokset. Ylläpitäjä ja huolto näkevät laitteesta mahdolliset huoltotarpeet ja tarvittavia huoltoja voidaan suunnitella laitteiden tilan perusteella.

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii AH-Talotekniikka (AH Elens Oy). Opinnäytetyö liittyy heidän saamaan toimeksiantoon, joka on osa isompaa tietoliikenneverkon päivitys kokonaisuutta. Tässä vaiheessa projektia keskitytään suunnittelemaan runkoverkko tietoliikennejärjestelmille. Runkoverkon on tarkoitus palvella nykyisiä järjestelmiä sekä mahdollisia uusien ja tulevien rakennusten automaatio- ja tietoliikennejärjestelmiä. Kiinteän yhteyden lisäksi alueelle toteutetaan koko alueen kattava langatonverkko.

Työ käsittää tietoliikenteessä käytettävät optiset kuidut, hieman niiden vertailua parikaapelointiin verrattuna sekä runkoverkon suunnittelun. Käydään läpi optisen tietoliikennekaapelin perus ominaisuuksia. Suunnittelu vaiheeseen sisältyy nykyisten järjestelmien ja johtoreittien selvitystä. Ulkoiset olosuhteet tehdasalueella ovat vaativia, joten kytkimet ja muu laitteisto tullaan sijoittamaan datajakokaappeihin. Olemassa olevia datajakokaappeja päivitetään runkoverkon tarpeisiin ja tarvittaessa lisätään uusi datajakokaappi. Laitteita syöttävän sähköverkon täytyy lisäksi olla varmennettu. Vanhoja suurimmaksi osaksi monimuotokuituja ei tulla käyttämään uuden runkoverkon osana, vaan suunnitellaan täysin uusi yksimuotokuidulla toteutettu verkko, johon vanhat järjestelmät liitetään joko sellaisenaan tai päivitettyinä tulevien hankkeiden myötä.

Työkohteen vuoksi opinnäytetyössä tehdyt suunnitelmat ja dokumentit eivät ole julkisesti jaettavissa, joten en niitä pysty tässä työssä esittelemään. Kovin tarkkaa verkon kuvausta on myös pyritty välttämään.

2 OPTISET KUIDUT

Optinen kuitu soveltuu käytettäväksi tietoliikenneverkon kaikille tasoille. Se on rakenteeltaan kevyempi kuin parikaapeloinnilla toteutettu verkko. Lisäksi optisessa kuidussa ei esiinny ylikuulumisongelmia, eikä niihin vaikuta sähkömagneettiset häiriöt. Optisten kuitujen kaistanleveys on myös huomattavasti suurempi kuin pari- tai koaksiaalikaapelilla. Tietoturvallisuudeltaankin optinen kuitu on parikaapelointia parempi vaihtoehto. Suurin kuitujen käyttöä määrittävä tekijä tiedonsiirtokapasiteetin ohella on toimintaetäisyys. Parikaapeloinnissa yleisenä suositus rajana pidetään 100 metriä. Yksimuotoisella optisella kuidulla voidaan päästä jopa yli 100 kilometriä ilman vahvistinta (Gbit/s). (Miettinen, 2015)

Kuidun yleisin materiaali lasi on sähköisesti ajateltuna eriste. Tästä seuraa, että optinen kuitu on vapaa kaikenlaisista sähkömagneettisista häiriöistä. Se ei ole altis häiriöille, eikä se aiheuta itseään häiriöitä. Lisäksi optinen tiedonsiirto ei aiheuta maadoitusongelmia, koska kuitu ei muodosta galvaanista yhteyttä. Kuitu on niin ikään tunteeton sähköverkon ja ukkosen aiheuttamille ylijännitteille. Optinen kuitu soveltuukin loistavasti moniin eri tiedonsiirtosovelluksiin, esimerkiksi sähköisesti vaaralliset tai häiriöiset ympäristöt, räjähdysvaaralliset tilat ja ukkosköysisovellukset sähkönjakelussa. (Helkama, 2001)

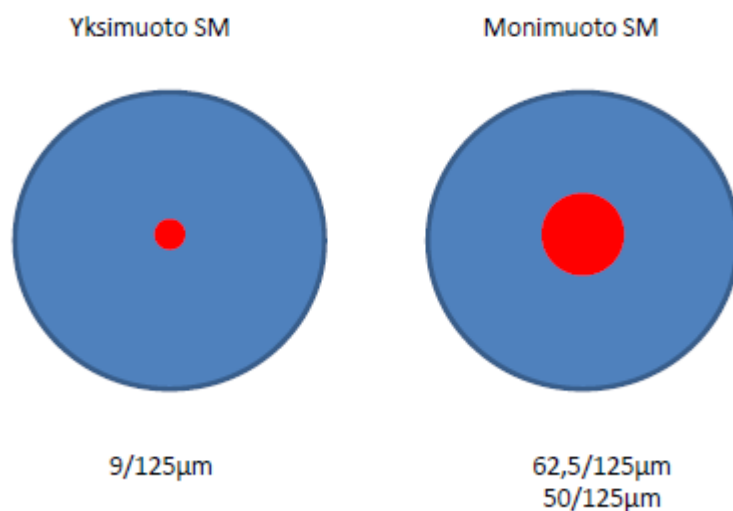
Kuidun käyttöä, varsinkin lyhyissä etäisyyksissä ja pienissä datansiirto määrissä (asuin talo), vähentää hinta verrattuna parikaapelointiin. Optisia kuituja valmistetaan eri materiaaleista, kuten kvartsilasista (SiO_2) ja muovista. Näiltä materiaaleilta puuttuu metalleille ominaiset elastiset ominaisuudet. Muovikuituja käytetään teollisuudessa ja erikoiskohteissa. Kuitujen pieni koko ja keveys kuitenkin mahdollistavat itse kaapeleiden pienet koot ja kevyet rakenteet, mikä helpottaa kaapeleiden käsittelyä ja asentamista kupari kaapeleihin verrattuna. Optisten verkkojen rakentamisessa tarvitaan lisäksi erikoistyökaluja ja -osaamista. Parikaapeloinnin asentamiseen ei yleisesti ottaen tarvita erityisiä työkaluja tai erikoisosaamista. Optisen kuidun asennuksia tekevät yleensä vain siihen erikseen koulutetut asentajat. (Miettinen, 2015)

Kiinteistöjen optisissa kaapeloinneissa käytetään pääasiassa kvartsikuituja, jotka voivat olla monimuoto- tai yksimuotokuituja. Teollisuuskiinteistöjen kaapeloinnissa ja tulevaisuudessa myös kotien kaapeloinnissa käytetään myös muovikuituja. Muovikuidut ovat monimuotokuituja. (Onninen Oy, 2012) KUVA 1 ja KUVA 2 näemme yksimuoto- ja monimuotokuidun rakennetta ja suurimpana poikkeuksena voidaan havaita eron kuituytimen halkaisijan suuruudessa. Tämä johtaa monimuotokuidussa suurempaan vaimennukseen, josta on kerrottu enemmän luvussa 2.3 Vaimennus.

Kuitutekniikka on myös selvästi energiatehokkaampi tekniikka kuin kuparijohtimilla toteutetut siirto-tekniikat. Optiset laitteet kuluttavat vähemmän sähköä ja tarvitsevat vähemmän jäähdytystehoa kuin kuparitekniikkaan perustuvat laitteet. Optiset laitteet ovat fyysisesti pienempiä ja ne tarvitsevat vähemmän asennustilaa. (Nestor Cables Oy, 2017)

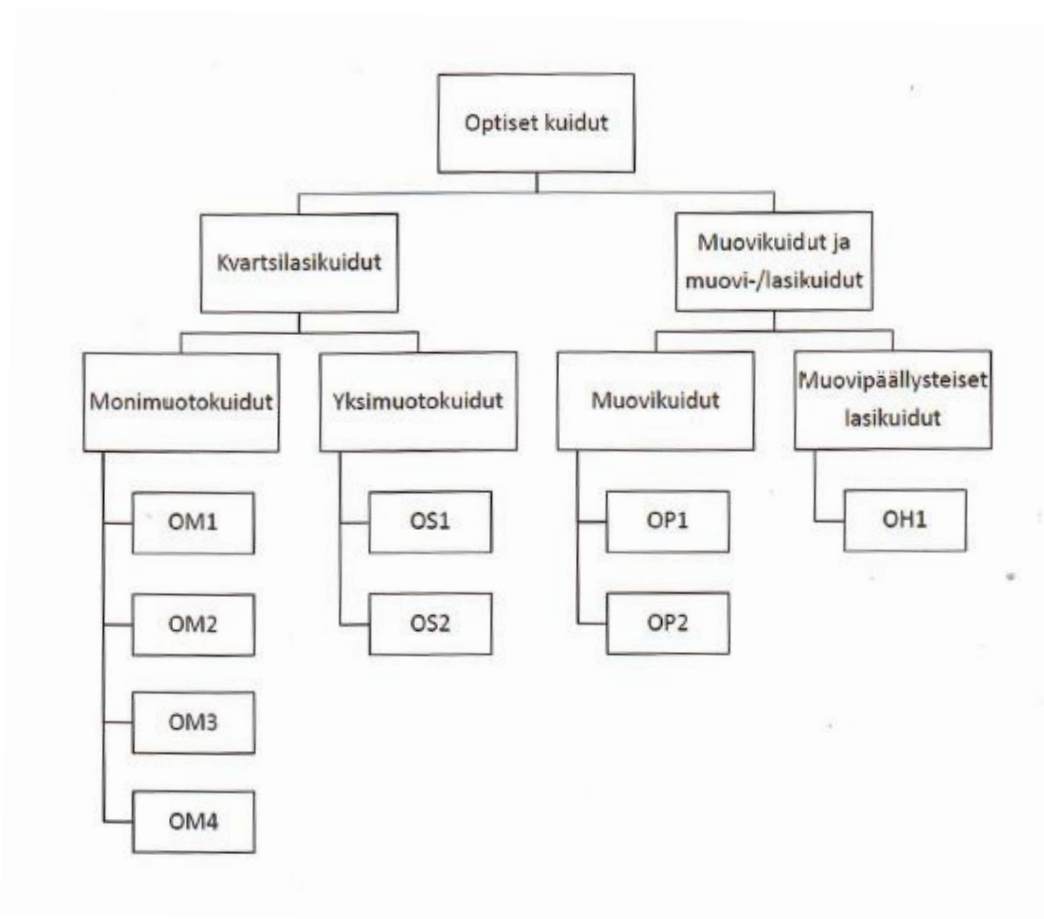


KUVA 1. Kuidun rakenne (Miettinen, 2015).



KUVA 2. Kuidun rakenne (Miettinen, 2015).

Kuitujen suorituskyky ja muitakin ominaisuuksia on määritelty kategorioiden avulla (OM, OS, OP ja OH). Kaikki yleiskaapeloinnin kuitukategoriat koskevat valmiissa kaapelissa olevia kuituja – eivät siis pelkkiä kuituja kaapelin raaka-aineena. (Onninen Oy, 2012) KUVA 3 on esitetty kuitujen perus jaotelu.



KUVA 3. Yleiskaapeloinnin kuitutyytit (Onninen Oy, 2012).

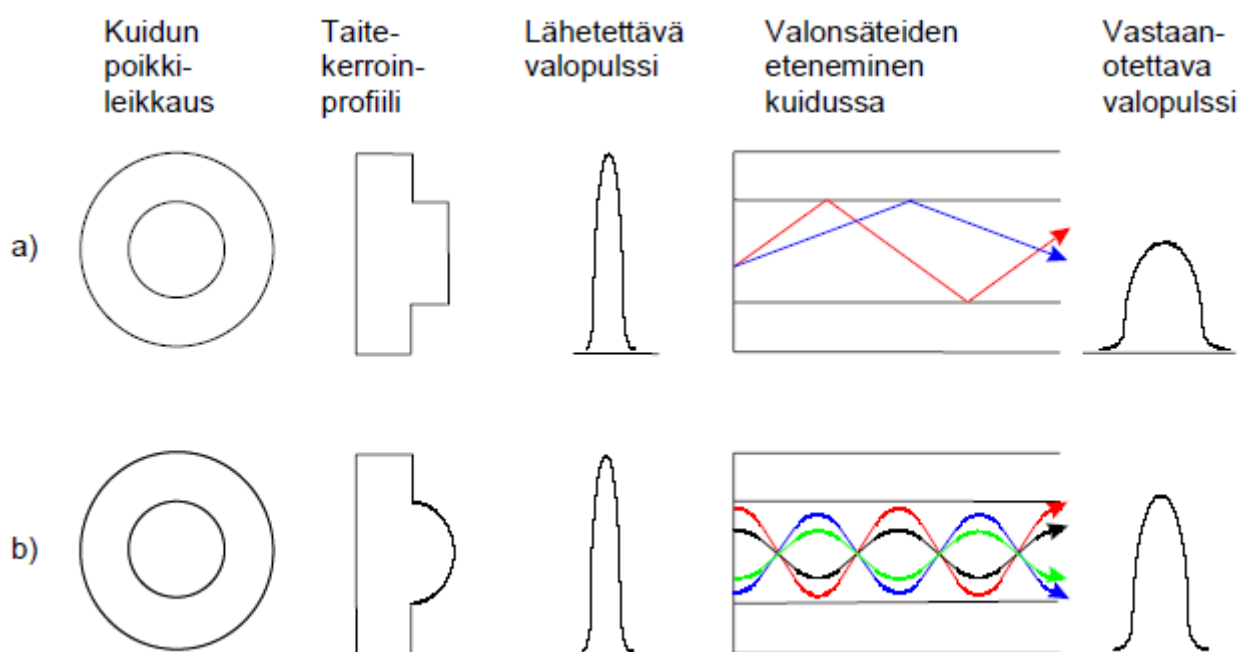
Optisille kuiduille on määritelty vastaavanlaiset kategoriat kuin yleiskaapeloinnin parikaapeloinnillekin (Cat5, Cat6, Cat7...). Katgoria määrittelee kuidun suorituskykyä, kuten esimerkiksi vaimennusta ja kaistanleveyttä. TAULUKKO 1 näyttää esimerkiksi kategorioiden OS1 ja OS2 eroavaisuuksia.

TAULUKKO 1. Esimerkki kuitukategorioista (Onninen Oy, 2012).

Kategoria	Viitestandardi	Raja-aallonpituus, enintään nm		
		1310 nm	1383 nm	1550 nm
OS1	EN 60793-2-50:B1.3 tai B6_a.	1,0	1,0	1,0
OS2	EN 60793-2-50:B1.3 tai B6_a.	0,4	0,4	0,4
Huomautus: Kategoriat OS1 ja OS2 koskevat kaapelissa olevia kuituja (ei kuituja raaka-aineena).				

2.1 Monimuotokuidut

Monimuotokuitu voidaan jaotella askelkuituun (Step index multimode fibre) ja asteittaiskuituun (Graded index multimode fibre). Nykyään askelkuitua ei kuitenkaan enää käytetä tiedonsiirrossa. Asteittaiskuidussa vastaanotetun pulssin levenemä on pienempi kuin askelkuidussa, joten myös vaimennus on asteittaiskuidussa pienempi. Tärkeimmät käytössä olevat monimuotokuitutyyppit ovat mitoiltaan 50/125 μm (ydin/kuori) ja 62,5/125 μm . (Helkama, 2001) Mitoiltaan 50/125 μm olevasta kuidusta on Suomessa käytetty aiemmin merkintää GI. Tätä merkintä tapaa ei kuitenkaan enää nykyisin suositella käytettäväksi. Samoin 62,5/125 μm olevasta kuidusta on käytetty Suomessa aiemmin merkintää GK. Sitäkään ei suositella enää nykyisin käytettäväksi. (Onninen Oy, 2012)



KUVA 4. Askelkuidun (a) ja asteittaiskuidun (b) pääperiaatteet (Helkama, 2001).

Askelkuidun ja asteittaiskuidun toiminnan periaatteet ovat havainnollistettu KUVA 4. Askelkuidussa taitekerroin muuttuu hyppäyksellisesti ytimen ja kuoren rajapinnassa. Kuidussa etenee montaa eri muotoa, kukin eri kulmissa heijastellen, koska ytimen halkaisija on huomattavasti suurempi kuin käytetyn valon aallonpituus. Pulssi levenee edetessään kuidussa, koska eri etenemiskomponenteilla on eripituinen matka kuljettavana. Eli syntyy muotodispersioita. Osa valotehosta katoaa matkalla, syntyy häviöitä eli vaimennusta, joka näkyy vastaanotettavan pulssin vaimenemisena. Asteittaiskuidussa taitekerroin muuttuu ytimessä asteittaisesti. Valonsäteet kulkevat vähitellen taittuen eivätkä jyrkästi heijastuen kuten askelkuidussa. Asteittaiskuidussa valo etenee useissa eri muodoissa, kuitenkin siten, että ytimen reunoilla valon nopeus on suurempi kuin keskiosassa. Tästä johtuen eri muotojen väliset erot etenemisajoissa ovat pienempiä, eli muotodispersio on pienempi kuin askelkuidussa. Vastaanotetun pulssin levenemä on pienempi ja myös vaimennus on pienempi asteittaiskuidussa. (Helkama, 2001)

Kvartsilasista valmistetut monimuotokuidut on yleiskaapelointistandardissa EN-50173-1 jaettu viiteen kategoriaan: OM1, OM2, OM3, OM4 ja OM5 (TAULUKKO 2). Monimuotokuitujen käyttö rajoittuu erilaisten toimitilakiinteistöjen ja datakeskusten yleiskaapelointiin, jossa niitä voidaan käyttää kiinteistön tai sen tilan sisäisiin lähiverkkoyhteyksiin. Tämä johtuu siitä, että monimuotokuitujen tyypillinen maksimi käyttöpituus on 200–300 metriä. Asuin kiinteistöissä käytetään vain yksimuotokuituja, joilla optinen liityntäverkko saadaan ulottumaan koteihin saakka. (Nestor Cables Oy, 2017)

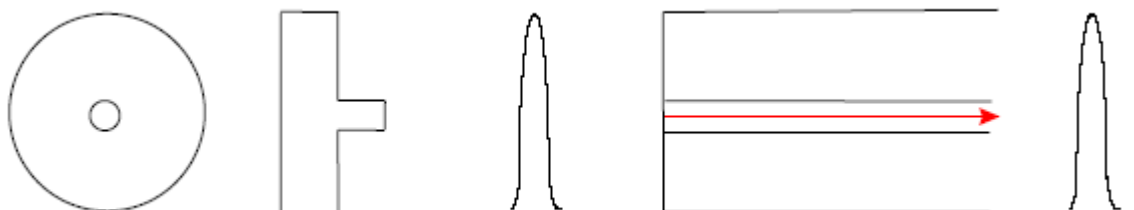
TAULUKKO 2. Monimuotokuitujen kategoriat ja vaatimukset (Nestor Cables Oy, 2017).

Kategoria	Maksimivaimennus, dB/km		Minimikaistanleveys, MHz x km		
			LED-syöttö		Lasersyöttö
	850 nm	1300 nm	850 nm	1300 nm	850 nm
OM1	3,5	1,5	200	500	ei spesifioitu
OM2	3,5	1,5	500	500	ei spesifioitu
OM3	3,5	1,5	1500	500	2000
OM4	3,5	1,5	3500	500	4700
OM5	3,0	1,5	3500	500	4700

Kategorioiden OM1, OM2, OM3, OM4 ja OM5 monimuotokuiduille on standardissa EN-50173-1 määriteltä maksimivaimennus ja minimikaistanleveys. Ne ovat TAULUKKO 2 mukaiset. (Nestor Cables Oy, 2017)

2.2 Yksimuotokuidut

Yksimuotokuidussa ytimen halkaisija on niin pieni (noin 9 μm), että käytetyllä aallonpituudella etenee vain yksi muoto, vertaa KUVA 4 ja KUVA 5. Muotodispersiota ei esiinny ollenkaan yksimuotokuidussa. Valopulssit levenevät kuitenkin yksimuotokuidussakin hiukan, koska valosignaalin sisältämät hiukan toisistaan poikkeavat aallonpituudet etenevät eri nopeuksilla kuidussa. Ilmiötä kutsutaan kromaattiseksi dispersioksi. Yleiskaapeloinnin etäisyyksillä (2000 m) ei tällä ilmiöllä kuitenkaan ole merkitystä. Yksimuotokuiden vaimennus on siis käytännössä erittäin pieni verrattuna monimuotokuituihin. (Pekka Koivisto Oy, 2009)



KUVA 5. Yksimuotokuidun periaatteet (Helkama, 2001).

Yksimuotokuidut on yleiskaapelointistandardissa EN-50173-1 jaettu kahteen kategoriaan: OS1 ja OS2. Ainoa ero näillä kuitukategorioilla on vaimennusta koskeva vaatimus. Katso taulukko 2. Viestintäviraston määräyksen 65 mukaan asuin kiinteistön sisäjohtoverkon optinen kaapelointi tulee toteuttaa kuitutyypeillä OS2. Kuitukategoriaa OS1 ei tulisi kuitenkaan käyttää niissäkään kaapeloinneissa, joita Viestintäviraston määräys ei koske. Käytännössä käytetään siis ainoastaan kategorian OS2 yksimuotokuituja. Kategorioiden OS1 ja OS2 yksimuotokuitujen optiset vaatimukset on esitetty TAULUKKO 3. (Nestor Cables Oy, 2017)

TAULUKKO 3. Yksimuotokuitujen kategoriat ja vaatimukset (Nestor Cables Oy, 2017).

Kategoria	Vaimennus, enintään dB/km			Raja-aallonpituus, enintään nm
	1310 nm	1383 nm	1550 nm	
OS1	1,0	1,0	1,0	1260 nm
OS2	0,4	0,4	0,4	1260 nm

2.3 Vaimennus

Edetessään kuidussa optinen signaali menettää tehoa eli vaimenee. Optisen kuidun vaimennuksen yksikkönä on desibeli/kilometri (dB/km). Vaimennusta syntyy myös kuitujatkoksissa ja optisissa liittimissä. Vaimennus määritellään tietyissä aallonpituusikkunoissa, joissa kyseistä kuitua käytetään. Nämä aallonpituusikkunat ovat kvartsikuiduilla seuraavat:

Monimuotokuitu:

850 nm (790...910 nm)

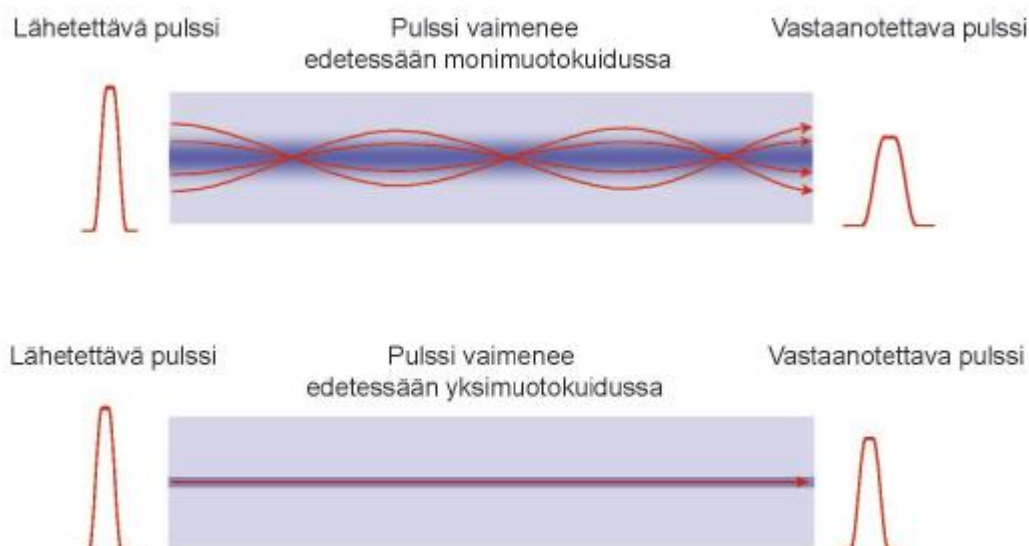
1300 nm (1285...1330 nm)

Yksimuotokuitu:

1310 nm (1288...1339 nm)

1550 nm (1525...1575 nm)

Teollisuuskiinteistöjen yleiskaapeloinnissa käytettäville muovikuiduille on määritelty myös aallonpituusikkuna 650 nm. (Onninen Oy, 2012)



KUVA 6. Optisen kuidun vaimennus (Nestor Cables Oy, 2017).

Kuidun vaimennus (esimerkki KUVA 6) johtuu pääasiassa kahdesta seikasta: absorptio ja sironta. Absorptiolla tarkoitetaan kuidussa olevien epäpuhtauksien ja eräiden muiden tekijöiden aiheuttamaa valotehon imeytymistä kuidun materiaaliin. Sironta puolestaan on kuidussa olevien pienien taitekerroinerojen aiheuttamaa heijastumista kaikkiin suuntiin. Monimuotokuidussa vaimennus on suurempi kuin yksimuotokuidussa. Tämä johtuu siitä, että monimuotokuidun ytimessä on enemmän seosainetta kuidun perusmateriaalin kvartsilasin lisäksi. Monimuotokuidussa etenevä optinen teho on myös jakautunut useaan muotoon, joista jokaisella on eri suuri vaimennus. Kokonaisvaimennus riippuu näin ollen monimuotokuidussa tehon muotojakaumasta. Yksimuotokuidussa etenee vain yksi muoto ja kuidun vaimennuksen teoreettisen alarajan asettaa ns. Rayleigh-sironta. Rayleigh:n sironnassa sirottavan partikkelin koon oletetaan olevan paljon pienempi kuin säteilyn aallonpituus. Tämä teoreettinen vaimennuksen alaraja on 0,16 dB/km aallonpituudella 1550 nm. (Onninen Oy, 2012)

Kuidun vaimennuksen lisäksi kanavan kokonaisvaimennukseen vaikuttavat kuitujatkosten jatkosvaimennukset ja optisten liittimien liitosvaimennukset. TAULUKKO 4 on esitelty suurimmat sallitut optisten kuitujen vaimennukset. (Nestor Cables Oy, 2017)

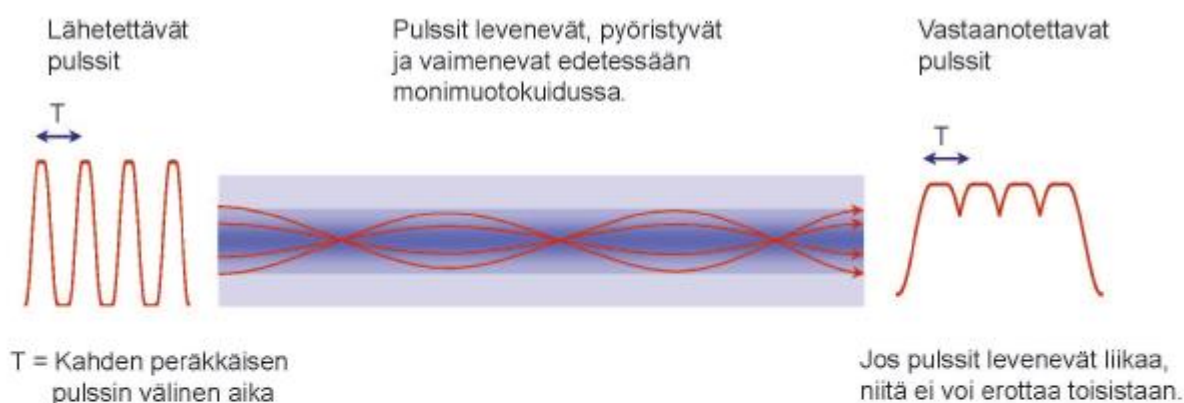
TAULUKKO 4. Suurimmat sallitut liitos- ja jatkosvaimennukset (Nestor Cables Oy, 2017).

Komponentti	Suurin sallittu arvo
Valokaapeleissa olevien optisten kuitujen vaimennus	
Yksimuotokuitu OS2 1310 nm, 1383 nm ja 1550 nm	0,4 dB/km
Monimuotokuidut OM3 ja OM4 850 nm 1300 nm	3,5 dB/km 1,5 dB/km
LC- ja SC-liittimien liitosvaimennus	
Yksimuotokuitu OS2	0,3 dB
Monimuotokuidut OM3 ja OM4	0,6 dB
Hitsatun kuitujatkoksen jatkosvaimennus	
Yksi- ja monimuotokuidut	0,1 dB

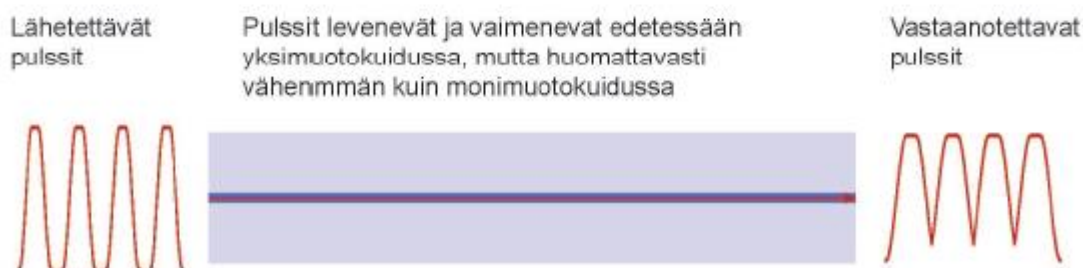
2.4 Kaistanleveys

Valopulssit levenevät, pyöristyvät ja vaimenevat edetessään kuidussa. Tämä rajoittaa suurinta siirrettävää taajuutta kuidussa eli kuidun kaistanleveyttä. Kahden peräkkäisen valopulssin välinen aika T ei saa olla liian pieni, jotta pulssien leveneminen ei olisi haitallista. Eli pulssien toistotaajuus ($f = 1/T$) ei saa olla liian suuri. Kaistanleveys kuvaa tätä suurinta toistotaajuutta. Mikäli pulssien välinen aika on liian lyhyt, pulssien levenemisen takia, pulsseja ei pysty erottamaan toisistaan. KUVA 7 havainnollistaa levenemisestä johtuvaa pulssien muutosta. (Nestor Cables Oy, 2017)

a) Monimuotokuitu



b) Yksimuotokuitu









KUVA 7. Valon eteneminen a) monimuotokuidussa ja b) yksimuotokuidussa (Nestor Cables Oy, 2017).

Monimuotokuidussa kaistanleveyteen vaikuttaa kuidun lisäksi myös lähetintyyppi. LED-lähetin täyttää koko ytimen poikkipinnan valoteholla, mikä synnyttää runsaasti etenemismuotoja. Laser- tai VCSEL-lähetintä käytettäessä valoteho keskittyy ainoastaan ytimen keskiakselin läheisyyteen. Tästä johtuen muotojen lukumäärä on huomattavasti pienempi kuin LED-syöttöön verrattuna. Lähetintyyppikin siis vaikuttaa mahdolliseen kaistanleveyteen. LED-kaistanleveys on pienempi kuin laserkaistanleveys. Lähiverkkosovelluksissa käytetään molempia lähetintyyppejä. (Nestor Cables Oy, 2017)

2.5 Värijärjestelmät







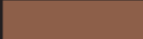

















SFS 5648 mukainen kuuden värin optisten kuitujen värijärjestelmä oli Suomessa käytössä yli 20 vuotta (1990-luvun alusta vuoteen 2012 asti). Kuuteen väriin perustuva järjestelmä ei kuitenkaan enää palvele hyvin niitä tarpeita, joita esimerkiksi optisen liityntäverkon suuret kuitumäärät asettavat. Olemassa olevissa asennuksissa on kuitenkin asennettuna suuri määrä tämän vanhan värijärjestelmän (TAULUKKO 5) mukaisia kaapeleita ja kytkentöjä. (Nestor Cables Oy, 2017)

TAULUKKO 5. Standardin SFS 5648 mukainen 6-värijärjestelmä (Nestor Cables Oy, 2017).

Kuitu	Kuidun väri	
ensimmäinen	sininen (SI)	
2., 6., 10., jne.	valkoinen (VA)	
3., 7., 11., jne.	keltainen (KE)	
4., 8., 12., jne.	vihreä (VI)	
5., 9., 13., jne.	harmaa (HA)	
viimeinen	punainen (PU)	

Yleisimmät Suomessa käytettävät 12-värijärjestelmät ovat määrittelyn FIN2012 mukainen värijärjestelmä ja ANSI/TIA 598-D mukainen värijärjestelmä. Standardi ANSI/TIA 598-D on muodollisesti yhdistävaltalainen kansallinen standardi, mutta sillä on käytännössä kansainvälisen standardin asema. Standardia käytetään laajasti eri puolilla maailmaa. Vanhan 6-värijärjestelmän pohjalta kehitetty FIN2012-järjestelmä on puhtaasti kansallinen suomalainen järjestelmä. Sillä ei ole standardin asemaa, eikä se perustu mihinkään kansainväliseen esikuvaan. Koska järjestelmää kuitenkin käytetään, on sille sovittu tunnus FIN2012. Merkinnöissä käytettävien värien tulee kuitenkin vastata standardin IEC 60304 mukaisia värejä. Standardissa IEC 60304 on määritelty ainoastaan käytettävissä olevat värit, ei niiden järjestystä. TAULUKKO 6 on esitetty rinnakkain standardissa ANSI/TIA 598-D ja FIN2012-järjestelmässä käytetyt värijärjestelmät. (Nestor Cables Oy, 2017)

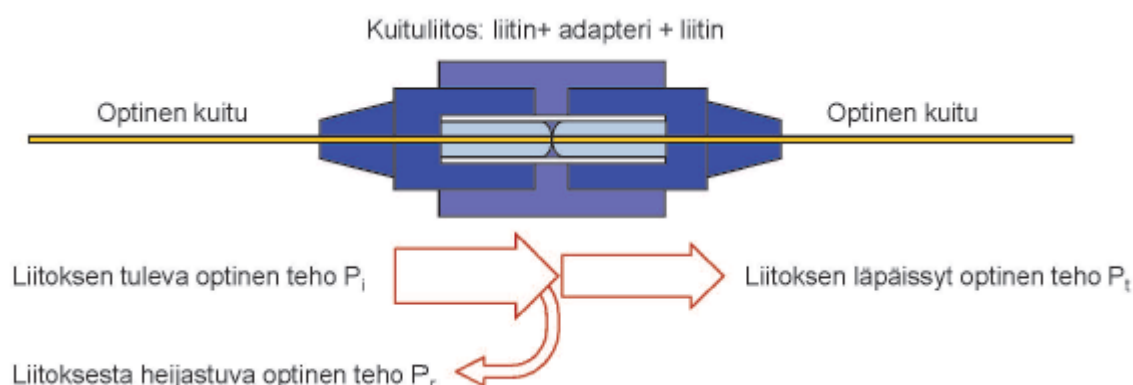
TAULUKKO 6. Standardin ANSI/TIA 598-D ja määrittelyn FIN2012 mukaiset värijärjestelmät (Nestor Cables Oy, 2017).

ANSI/TIA 598-D			FIN 2012		
Kuitu	Kuidun väri			Kuidun väri	Kuitu
1	sininen (SI)			sininen (SI)	1
2	oranssi (OR)			valkoinen (VA)	2
3	vihreä (VI)			keltainen (KE)	3
4	ruskea (RU)			vihreä (VI)	4
5	harmaa (HA)			harmaa (HA)	5
6	valkoinen (VA)			oranssi (OR)	6
7	punainen (PU)			ruskea (RU)	7
8	musta (MU)			turkoosi (TU)	8
9	keltainen (KE)			musta (MU)	9
10	violetti (VT)			violetti (VT)	10
11	vaaleanpunainen (VP)			vaaleanpunainen (VP)	11
12	sinivihreä (TU)			punainen (PU)	12

2.6 Optiset liittimet

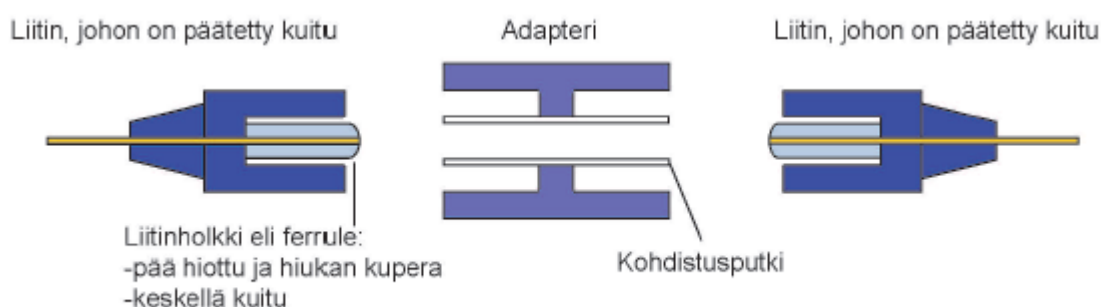
Mikäli optinen liitos (KUVA 8) joudutaan toistuvasti tai ajoittain avaamaan ja sulkemaan, käytetään optisia liittimiä. Optiset päätekotelot ja – paneelit sekä jakamoiden ja laitetilojen optiset liitinkentät ovat sellaisia käyttökohteita. Lisäksi optisia liittimiä hyödyntävät erilaiset siirtotekniset laitteet, mitauslaitteet sekä siirrettävät järjestelmät. Optinen liitin edustaa kuitenkin verkossa aina epäjatkuvuuskohtaa ja noin mahdollinen vikakohta. Optiset ominaisuudet optisella liittimellä eivät ole yhtä hyvät kuin hitsausjatkoksella, mutta oikeaa liitintä käyttäen päästään riittävän hyviin suoritusarvoihin. (Nestor Cables Oy, 2017)

Hyvällä optisella liittimellä on seuraavan laisia ominaisuuksia: pieni liitosvaimennus, suuri heijastusvaimennus, hyvä stabiilius ja hyvä toistettavuus. Liitosvaimennus tarkoittaa tehohäviötä, joka liitoskohdassa tapahtuu, ja sen tulisi olla mahdollisimman pieni. Heijastusvaimennus kuvaa kuinka hyvin valoteho läpäisee liitoksen heijastumatta liitosrajapinnasta takaisin. Sitä parempi on liitos, mitä suurempi lukuarvo heijastusvaimennuksella on desibeleissä (dB) ilmaistuna. Hyvä stabiilius mahdollistaa, että edellä mainitut liitosvaimennus ja heijastusvaimennus pysyvät mahdollisimman vakioina käyttöympäristössään. Eli liitos pysyy tiiviinä, eikä esimerkiksi lämpötilan vaihtelut heikenne liitoksen tiiveyttä. Toinen rakenteellinen mittapuu on toistettavuus, liitin täytyy pystyä avaamaan ja sulkemaan ilman että liitoksen ominaisuudet (liitosvaimennus ja heijastusvaimennus) muuttuvat sallittua enempää. Tyypillisesti liittimien tulee kestää vähintään 500 kytkentäkertaa. (Nestor Cables Oy, 2017)



KUVA 8. Optinen liitos (Nestor Cables Oy, 2017).

Liitoksen luotettavuuden saavuttamiseksi liitinholkin eli ferrulen pää hiotaan joka hieman vinoksi tai kuperaksi. Tällä varmistetaan kuidunpäiden välinen fyysinen kosketus. Ferrule on materiaaliltaan yleensä täyskeraaminen. Myös muovista ja teräksestä tehtyjä ferruleita esiintyy monimuototekniikassa. Täyskeraamiset ferrulet ovat kuitenkin suositeltavampia. Niiden mekaaniset ominaisuudet ja hiontaominaisuudet ovat parempia kuin muilla ferruleilla. Holkkiliittimen perusrakenne on esitetty KUVA 9. (Nestor Cables Oy, 2017)



KUVA 9. Holkkiliittimen perusrakenne (Nestor Cables Oy, 2017).

Hiontatapaa kutsutaan PC-hionnaksi (PC = Physical Contact). Niin sanottu tavallinen PC-hionta oli aikoinaan yleisin hiontatapa, sillä saavutettava heijastusvaimennus on ≥ 30 dB. Hienommalla hionnalla heijastusvaimennusta on kuitenkin saatu nostettua. Tästä esimerkkejä ovat SuperPC eli SPC ja UltraPC eli UPC. SPC-hionnalla saavutetaan ≥ 40 dB heijastusvaimennus ja UPC-hionnalla ≥ 50 dB heijastusvaimennus. Kuperan hionnan sijaan pää voidaan hioa myös hieman vinoon, esimerkiksi 8 astetta vinoon. Vino hionnalla eli Angled PC (APC) saavutetaan yli 60 dB heijastusvaimennus. APC-hionnalla saavutetaan myös yli 55 dB heijastusvaimennus myös liittämättömänä, joka on tärkeä ominaisuus etenkin kaapeli-tv- ja PON-verkoissa. Nykyisin yksimuotokuituliittimiltä yleensä vaaditaan vähintään UPC-hionta. APC-hionta on kuitenkin yleistynyt viime aikoina liittintyyppinä ja se on jopa pakollinen liittintyyppi viestintäviraston määräyksen 65 mukaisissa asuin kiinteistöjen sisäverkoissa.

Yleisin liittintyyppi on näihin päiviin saakka ollut SC-liitin (Kuva 10). Liitinrunko on muovia ja poikki-leikkausmuodoiltaan nelikulmainen. Lukitus tapahtuu kielekkeiden avulla. Kytkeminen ja avaaminen sujuvat helposti työntämällä ja vetämällä. SC-liittimen ferrule ja SC-adapterin (K) kohdistusputki (KUVA 9) ovat kelluvia, joten liitin- tai adapterirungot eivät ohjaa kohdistusta. Liittimien jousivoimat pitävät liittimien ferrulet toisiaan vasten sopivalla voimalla. Liitinadapteri voi olla joko yksiosainen (simplex) tai kaksiosainen (duplex). SC-liittimen ominaisuudet on määritelty standardissa IEC 61754-4: Fibre optic connector interfaces – Part 4: Type SC connector family. (Nestor Cables Oy, 2017)

SC-liitin on pitkään ollut standardiliittimen asemassa kaikissa optisissa verkoissa ja kaapeloinneissa. Viime vuosina sen rinnalle on tullut LC-liitin (Kuva 11), joka on yleistymässä standardi liittimeksi. Yleiskaapelointistandardeissakin on määritelty LC-liitin optisten kaapelointien liittintyyppiä. SC-liitintä tulisi käyttää vain olemassa olevien kaapelointien laajennuksissa, ei uudisasennuksissa. LC-liittimen suorituskyky on samaa luokkaa kuin SC-liittimellä, mutta se on fyysisiltä mitoiltaan vain puolet SC-liittimen koosta. LC-liittimen lukitusmekanismi on samanlainen kuin parikaapeloinnissa käytettävässä RJ45-liittimessä. Liitin kytketään työntämällä ja avataan painamalla liittimen lukitussalpaa kohti liitinrunkoa ja vetämällä. LC-liitinadaptereita on saatavilla yhden (simplex), kahden (duplex) ja neljän (quad) liittimen versiona. LC-duplex-adapteri voidaan asentaa saman kokoiseen aukkoon kuin SC-simplex-adapteri ja LC-quad-adapteri puolestaan samankokoiseen aukkoon kuin SC-duplex-adapteri. Näin samankokoiseen paneeliin saadaan tupla määrä LC-liittimiä verrattuna SC-liittimiin. LC-liittimen ominaisuudet on määritelty standardissa IEC 61754-20: Fiber optic connector interfaces – Part 20: Type LC connector family. (Nestor Cables Oy, 2017)



KUVA 10. SC-liitin ja simplex SC-adapteri (Nestor Cables Oy, 2017)



KUVA 11. LC-liitin ja duplex LC-adapteri (Nestor Cables Oy, 2017)

2.7 Ympäristöluokitus MICE

Pysyvien siirtoteiden ja kanavien tulee täyttää niille määritellyt suorituskyykyvaatimukset käyttöympäristössään. Kaapeloinnin käyttöympäristöä koskee standardisarjassa EN 50173 määritelty ympäristöluokitus, jossa otetaan huomioon joukko ympäristötekijöitä ja niiden rasittavuus kaapeloinnin suorituskyyvyn heikentymisen kannalta. (ST-käsikirja 16, 2014)

Termi MICE viittaa kaapeloinnin kanavan paikalliseen ympäristön luokitukseen. Ympäristön luokituksen neljä pääkriteeriä ovat:

- a) tekijä M, joka määrittelee ympäristön mekaaniset ominaisuudet*
- b) tekijä I, joka määrittelee suojausominaisuudet ympäristössä olevien hiukkasten ja nesteiden tunkeutumisen estämiseksi*
- c) tekijä C, joka määrittelee ympäristön ilmastolliset ja kemialliset ominaisuudet*
- d) tekijä E, joka määrittelee ympäristön sähkömagneettiset ominaisuudet.*

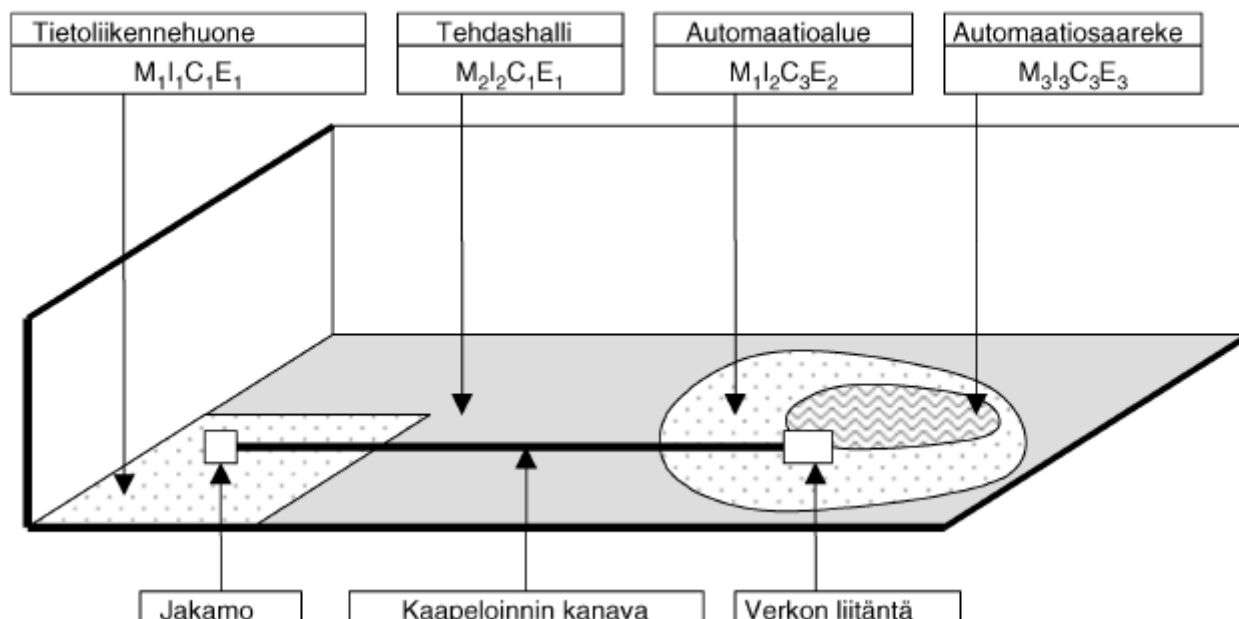
(SFS-EN 50173-1, 2010)

Neljä pääkriteeriä (TAULUKKO 7) on jaettu tiettyihin parametreihin ja näiden parametrien tasoihin. Tietyn sijaintipaikan MICE-luokitus määritellään muodossa $M_a I_b C_c E_d$, missä a, b, c ja d ovat kriteerien M, I, C ja E alaluokituksia. (SFS-EN 50173-1, 2010) Parametrit ja niiden tarkoitus on tarkemmin esiteltä mm. standardissa EN 50173-1.

TAULUKKO 7. Ympäristöluokitus eli MICE-järjestelmä (ST-käsikirja 16, 2014).

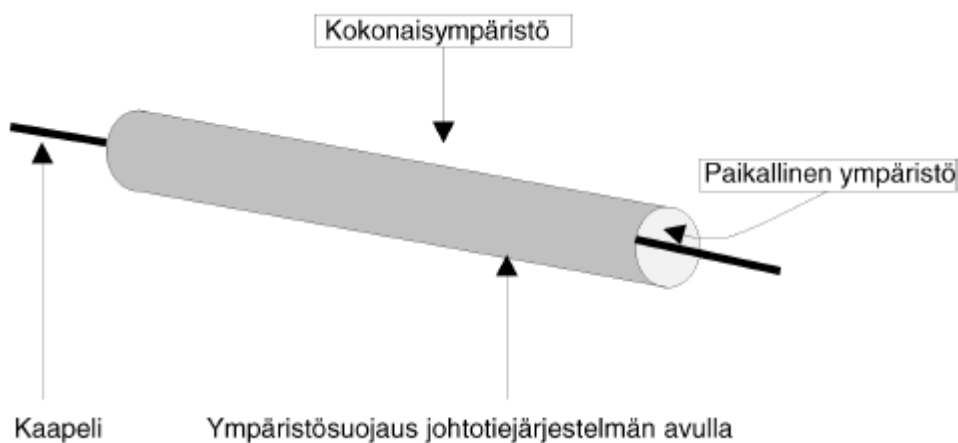
Parametri	Ympäristöluokka		
	Rasitusaste kasvaa 		
	1	2	3
Mekaaninen luokitus	M ₁	M ₂	M ₃
Koteloinnin luokitus	I ₁	I ₂	I ₃
Ilmastollinen ja kemiallinen luokitus	C ₁	C ₂	C ₃
Sähkömagneettinen luokitus	E ₁	E ₂	E ₃

Käytettävä MICE-luokitus voi vaihdella eri kohdissa kanavaa. Esimerkiksi teollisuuskiinteistössä automaatioalueen ja automaatioarakkeen vaatimukset ovat erilaiset ja ankarammat kuin tietoliikennehuoneessa (KUVA 10). (SFS-EN 50173-1, 2010)



KUVA 10. Ympäristön vaihtelu eri kohdissa pitkin kanavaa (SFS-EN 50173-1, 2010).

Luokiteltava ympäristö on kaapeloinnin paikallinen ympäristö. Kun kaapelointi ei ole varustettu millään ympäristösuojauksella, kaapelin paikallinen ympäristö on luokitukseltaan sama kuin sen sijaintipaikan ympäristö. Mikäli teknisistä tai taloudellisista syistä ei voida käyttää ympäristöön soveltuvia rakenneosia, voidaan käyttää lievennys- ja eristystekniikoita. Näihin kuuluu esimerkiksi erilaisten suojaavien johtoteiden käyttö, kuten putkitus (KUVA 11). (SFS-EN 50173-1, 2010)



KUVA 11. Paikallinen ympäristö (SFS-EN 50173-1, 2010).

Ympäristöluokituksella halutaan varmistaa, että pysyvä siirtotie ja kanava toimivat suorituskäytöluokansa vaatimusten mukaisesti niissä olosuhteissa, joissa niitä käytetään. Suunnittelijan tulee spesifioida ja urakoitsijan tulee valita kaapeloinnin rakenneosat siten, että niistä rakennettu pysyvä siirtotie ja kanava täyttävät niille määritellyn suorituskäytöluokan vaatimukset käyttöympäristössään. Jos

asennuksessa käytetään rakenneosia, jotka eivät täytä asennusympäristön mukaisia MICE-vaatimuksia, tulee asennuksessa käyttää suojaustekniikoita ja rakenteita, joilla saadaan aikaan rakenneosan MICE-luokkaa vastaavat paikalliset olosuhteet. (ST-käsikirja 16, 2014)

Toimitilakiinteistöissä ja kodeissa vallitsee tyypillisesti luokan $M_1I_1C_1E_1$ mukainen ympäristö. Jos samassa kiinteistössä on esimerkiksi teollisuustiloja tai varastotiloja, näiden ympäristö voi olla luokituksetta myös ankarampi. Kevyessä teollisuudessa vallitsee tyypillisesti luokan $M_2I_2C_2E_2$ mukainen ympäristö ja raskaassa teollisuudessa luokan $M_3I_3C_3E_3$ mukainen ympäristö. KUVA 10 on esimerkki kaapeloinnista, joka ulottuu useamman eri ympäristöluokan alueelle. Rakenneosat ja asennustapa tulee tällöinkin valita niin, että suorituskyky säilyy kaapeloinnin kaikissa osissa. (ST-käsikirja 16, 2014)

3 TIETOLIIKENNE RUNKOVERKON SUUNNITTELU TYÖKOHTEESSA

3.1 Suunnittelun lähtökohdat

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kartoittaa ja suunnitella uusi tietoliikenteen runkoverkko Kuopion Energian voimalaitos alueelle. Heidän nykyinen verkko on toteutettu osissa ja se näkyy käytetyissä komponenteissa. Verkosta puuttui kokonaiskuva. Osa kaapeloinnista on vedetty yksimuotokuidulla ja osa monimuotokuiduilla. Liittiminä on käytetty milloin mitäkin liitintä. Lisäksi päätepaneelit sijaitsevat mikin missään ja paikoin erittäin pölyisissä olosuhteissa. Heillä oli siis tarvetta yhtenäiselle runkoverkolle koko voimalaitoksen alueelle, niin voimalaitoksen osissa kuin lastaus- ja varastointialueillakin.

3.2 Nykytilanteen ja tarpeiden kartoitus

Alkuun on tärkeää selvittää nykyisen verkon tila ja kuinka sitä pystytään hyödyntämään uudessa suunnitelmassa. Tietoliikenteen tarpeet riippuvat kaapeloinnin käyttäjästä, rakennuksen tai tilan käyttötarkoituksesta ja koosta sekä monista muista seikoista tapauskohtaisesti. Kyseessä voi olla kokonaan uuden kaapeloinnin tarve uuteen rakennukseen tai olemassa olevan rakennuksen tai tilan kaapeloinnin uudistaminen. Kaapeloinnin suunnittelun perustaksi on aina ja kaikissa tapauksissa ensin kartoitettava riittävät lähtötiedot. (Nestor Cables Oy, 2017)

Melko alusta asti Kuopion Energian päästä annettiin lähtökohdaksi, että vanha verkko voidaan osin unohtaa ja suunnitella uutta verkkoa puhtaalta pöydältä. Olemassa olevat toiminnot kuitenkin on tarkoitus liittää uuteen verkkoon, joten ne määrittivät paikoin runkoverkon suunnittelua. Vanhasta verkosta ei näin ollen pyritty hyödyntämään vanhoja runkokaapeleita. Ne olivatkin suurimmaksi osaksi monimuotokuituja. Tilojen ahtauksien vuoksi vanhoja datajakokaappeja pyrittiin hyödyntämään mahdollisuuksien mukaan. Käytössä on tällä hetkellä runsaasti IP-kameroita ja kameroiden tarve tulee lisääntymään. Uusi runkoverkko tullaan toteuttamaan puhtaasti yksimuotokuidulla, jotta saavutetaan riittävä kanavapituus ja tiedonsiirtonopeus.

Aloituspalaverissa Kuopion Energialta tuli selkeät lähtökohdat uuden runkoverkon tarpeisiin:

- varaudutaan tulevaan voimalan laajennukseen
- rakennetaan runkoverkko rengastopologisesti
- rakennetaan tarvittaessa uusia ulkolaitekaappeja
- rakennetaan WLAN-verkko (yhtenäinen)
- palvelee myös kameravalvontaa ja automaatiota
- rengasverkko runkona 96 kuituinen optinen kaapeli
- uusi toimitalo liitetään verkkoon
- LC-liittimillä.

3.2.1 Olemassa oleva dokumentaatio

Nykyinen dokumentaatio on kohteessa puutteellinen. Joitain järjestelmäkaavioita on laadittu, mutta niiden paikkaansa pitävyydestä ei oikein kukaan tiennyt. Osa niissä olevista kaapeleista oli merkattu rikkinäisiksi tai kytkemättömiksi. Kohdetta on rakennettu vuosikymmenien ajan, joten perus suunnitelmat ovat vielä paperiversioita. Se on varmasti osin näkynyt siinä, etteivät uudemmatkaan muutostyöt ole dokumentoitu sähköisesti. Heille oli myös vasta lähivuosina palkattu henkilö dokumentaation pariin. Joten tilanne tulee varmasti tulevaisuudessa parantumaan.

Nykyisen dokumentaation taso ja lupa suunnitella täysin uusi verkko mahdollistivat hieman vapaamman toiminnan suunnittelussa. Ei tarvinnut orjallisesti toteuttaa uutta suunnitelmaa vanhojen mukaisesti. Toisaalta ei ollut selkeää linjaa jonka mukaan olisi uusiakin suunnitelmia tehnyt. Esimerkiksi vanhoja datakeskuksia on nimetty ilmeisesti ilman isompaa logiikkaa, ainakaan erirakennusten välillä. Paikoin oli jätetty datajakokaapit kokonaan tekemättä ja päätepaneeli oli ainoastaan laitettu hyllylle johonkin tilaan, jossa se oli pölyn ja muiden ulkoisten olosuhteiden armolla. Ilmeisesti joitain toimilaitteita oli hajonnut liasta johtuen.

3.2.2 Paikanpäällä tehtävä kartoitus

Osittain huonosta dokumentaatiosta johtuen, mutta ihan käytännöllisyydenkin vuoksi jalkauduttiin alueelle kartoittamaan nykytilannetta. Näin saatiin selvitettyä nykyisten datajakokaappien käyttömahdollisuus ja mahdollisten uusien kaappien sijoituspaikat sekä olosuhteet. Samalla selvitettiin nykyiset kaapelireitit ja niiden käytettävyys pääpiirteittäin. Myöhemmässä vaiheessa ne selvitettiin tarkasti. Kaapelireittien osalta näytti paremmalta, ja uusien kaapelireittien tarve näytti vähäiseltä ulkokenttää lukuun ottamatta. Aluksi vaikutti, että siellä joudutaan kaivamaan kaapelia maahan satojen metrien matkalta. Lopulta kuitenkin löydettiin muutama vuosi sitten tehtyjen kenttäkeskusten kaapelireitit, joita hyödyntämällä kaivuun tarve väheni pariin kymmeneen metriin.

Kartoituksessa selvisi, että kaapelireitit olivat varsin hyvällä mallilla. Nykyisiä datajakokaappeja oli kentällä heikonlaisesti ja huonoissa paikoissa, joten kentälle tarvittiin uusia datajakokaappeja niin sisä- kuin ulkotiloihinkin. Yksi datajakokaappi joudutaan sijoittamaan ulos sen takia, ettei se mahdu lähistöllä olevaan rakennukseen järkevästi. Toisen ulkokaapin kohdalla olisi ollut sijaa tehdä se sisätilaan, mutta rakennus on mahdollisesti määrä purkaa lähivuosina, joten päädyttiin sijoittamaan sen ulos. Kolmas ulos tuleva datajakokaappi tulee aivan kentänlaitaan, joten siellä ei sisätiloihin sijoittamisen mahdollisuutta ollut. Kentälle kuitenkin tarvittiin datajakokaappeja valvontakameroita varten ja mahdollisia laajennuksia silmällä pitäen.

3.3 Runkoverkko

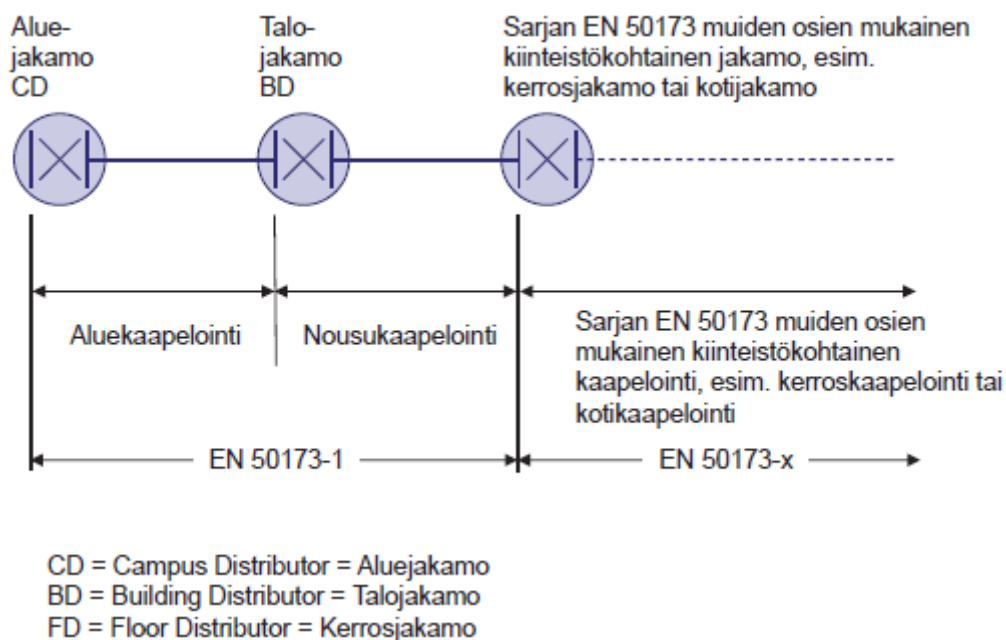
3.3.1 Suunnittelun lähtökohta

Uusi runkoverkko suunnitellaan rengastopologian mukaan. Tällä mahdollistetaan mahdollisimman hyvä toimintavarmuus, kun voidaan tarvittaessa syöttää signaalia kahta eri reittiä pitkin. Kaapelointi pyritään myös toteuttamaan mahdollisimman paljon niin, ettei rengasverkko kulkisi samasta kohdin edes takaisin. Tällä pyritään välttämään ongelmia, jos esimerkiksi kaapeli vaurioituu. Paikoin joudutaan kuitenkin menemään lyhyen matkaa samassa putkessa, johtuen kentällä olevista putkitusreiteistä. Risteyskohtana runkoverkossa on toisen voimalaitoksen (HP2) datajakokaappi. Sen kautta verkko liitetään myös ulkoiseen verkkoon.

Runkokaapelointi on jaoteltu kolmeen toiminnalliseen osaan:

- aluejakamo, CD (Campus Distributor)
- talojakamo, BD (Building Distributor)
- kerrosjakamo, FB (Floor Distributor).

Nämä kolme osa-aluetta ovat kiinteistötyypistä riippumattomia. Runkokaapeloinnin rakenne sekä toiminnalliset osat nimityksineen on esitetty KUVA 12. (ST-käsikirja 16, 2014)



KUVA 12. Runkokaapeloinnin rakenneperiaate ja toiminnalliset osat (ST-käsikirja 16, 2014).

Tämä työ koostuu talojakamoiden välisistä aluekaapeloinneista, joka muodostaa runkoverkon voimalaitoksen alueelle. Siitä eteenpäin oleva nousukaapelointi ja kerrosjakamot tullaan mahdollisesti päivittämään osassa rakennuksia. Nyt keskityttiin kuitenkin olemassa olevan verkon rinnalle tehtävään runkoverkkoon, johon olemassa olevat järjestelmät pystytään liittämään joko suoraan tai niiden päivityksen yhteydessä.

3.3.2 Tiedonsiirron tarve

Optisten aluekaapeleiden kuitutyyppit ja kuitumäärät riippuvat käyttömäärästä ja esimerkiksi rakennuksen käyttötavasta. Lähtökohtana voidaan pitää optista aluekaapelia, jossa on 12 tai 24 OS2-yksimuotokuitua. Tilanteen mukaan kuitumäärien tarve voi kuitenkin olla tätä pienempi tai suurempi. Optiset aluekaapelit päätetään sekä aluejakamossa, että talojakamossa esimerkiksi 24-porttisiin optisiin kytkentäpaneeliin. (Nestor Cables Oy, 2017)

Tässä tapauksessa käyttäjä määritteli, että aluekaapelointi tehdään kaapelilla, jossa on 96 kappaletta OS2-yksimuotokuitua. Tällä varaudutaan mahdollisiin tulevaisuuden muutoksiin ja tietoliikenne tarpeisiin. Runkoverkon suunnittelussa pyrittiin siihen, ettei siihen tarvitsisi tehdä isompia rakennemuutoksia lähi vuosikymmeninä. Datamäärien kasvua on kuitenkin ollut hankala ennustaa. Kymmenen vuotta sitten on ajateltu, että 4 kuitua riittää kaikkeen mahdolliseen. Uusi runkoverkko ja siihen liittyvät datajakokaapit näkyvät liitteessä 4, S0002-aluepiirustus.

3.3.3 MICE-luokitus

MICE-luokitus kyseissä työkohteessa määriteltiin standardin EN 50173-1 mukaisesti. Voimalaitosaluetta voisi määritellä kevyen teollisuuden alueeksi. Sähkön ja kaukolämmön prosesseissa sivutaan paikoin raskaankin teollisuuden luokituksia. Nyt kaapelointi tarve keskittyi teknisiin tiloihin, voimalaitoshallien sisätiloihin, sekä voimalaitoksen ulkoalueille, joten pysyttiin ulkoisesti kevyemmissä olosuhteissa kuin prosessien sisällä. Suurimmat määrittelevät tekijät työkohteessa ovat ulkona ja ne ovat turvepöly sekä auringonpaiste. Joten MICE-luokitus määräytyi niiden mukaan.

Mekaaniset (M) ja sähkömagneettiset (E) luokitukset eivät vaatineet työkohteessa optisen kuidun suunnittelussa tiukennuksia, joten niissä riittää M_1 ja E_1 – luokat. Suojausominaisuudet ja ympäristölliset ominaisuudet vaativat sen sijaan tiukempia rajoituksia kuin normaali 1 – luokka. Alueella esiintyy runsaasti turvepölyä, koska sitä käytetään energian lähteenä ja sitä käsitellään yleisesti voimalaitoksen alueella. Rakennuksien välisiä kaapelointeja toteutetaan kaapelihyllyjä ja asennuskanavia pitkin. Asennuskanavissa ympäristön haittatekijöiden määrä ei ole ongelmallinen, mutta kaapelihyllyillä kaapelit ovat normaalien ulko-olosuhteiden kanssa tekemisissä. Eli kaapelilta tarvitaan kestävyyttä lämpötilojen vaihtelua varten sekä auringon säteilyä varten.

TAULUKKO 8. MICE-luokitus hiukkasten ja nesteiden tunkeutuminen (SFS-EN 50173-1, 2010).

Hiukkasten ja nesteden tunkeutuminen	I_1	I_2	I_3
Hiukkasten tunkeutuminen (enimmäishalkaisija)	12,5 mm	50 μm	50 μm
Nesteiden tunkeutuminen	Ei mitään	Jaksottainen nestesuihku $\leq 12,5 \text{ l/min}$ $\geq 6,3 \text{ mm suihku}$ $> 2,5 \text{ m etäisyys}$	Jaksottainen nestesuihku $\leq 12,5 \text{ l/min}$ $\geq 6,3 \text{ mm suihku}$ $> 2,5 \text{ m etäisyys}$ ja upotus ($\leq 1 \text{ m}$ ja $\leq 30 \text{ min}$)

TAULUKKO 9. MICE-luokitus ilmastolliset tekijät (SFS-EN 50173-1, 2010).

Ilmastolliset tekijät	C ₁	C ₂	C ₃
Ympäristön lämpötila	–10 °C...+60 °C	–25 °C...+70 °C	–40 °C...+70 °C
	EN 50173-1	EN 60721-3-3:1995, Luokka 3K8H	EN 60721-3-3:1995, Luokka 3K7
Lämpötilan muutosnopeus	0,1 °C/ min	1,0 °C/min	3,0 °C/min
	EN 60721-3-3:1995, Luokka 3K1	EN 60721-3-3:1995, Luokka 3K7	EN 61131-2
Kosteus	5 %...85 % (ei-tilivistyvä)	5 %...95 % (tilivistyvä)	5 %...95 % (tilivistyvä)
	EN 60721-3-3:1995, Luokka 3K3	EN 60721-3-3:1995, Luokka 3K4	EN 60721-3-3:1995, Luokka 3K5
Auringon säteily	700 W/m ²	1 120 W/m ²	1 120 W/m ²
	EN 60721-3-3:1995, Luokka 3K3 – 3K6	EN 60721-3-3:1995, Luokka 3K7. EN 60068-2-5:1999 sisältää taulukon aallonpituuksille UV...IR, kokonaistehotiheys 1 120 W/m ² .	

TAULUKKO 8 on määritelty hiukkasten ja nesteiden tunkeutuminen. Luokka 1 määrittelee suojauksen, että 12,5 mm esine tai hiukkanen ei pääse tunkeutumaan tuotteeseen. Käytännössä tämä tarkoittaa kosketussuojausta (vertaa IP20 -luokitukseen). Luokassa 3 on määritelty, että tuote kestää upottamisen veteen. Tälle ei kohteessa ollut tarvetta, joten luokka 2 riittää kohteen olosuhteisiin. Ilmastollinen tekijä saadaan TAULUKKO 9 mukaisesti. Ympäristöä määrittäessä keskitytään tässä tapauksessa ympäristön lämpötilaan, joka on määrittelevä tekijä. Syytä on huomioida myös auringon säteily. *Varkauden tasolla säteily on suurimmillaan kesäpäivän tasauksen aikana, jolloin säteilyä voi olla 550–780 W/m².* (Suntekno Oy, 2018) Ympäristön määrittävä tekijä on näin ollen lämpötila. Ympäristön lämpötila –40 °C...+70 °C luokan kolme vaatimuksissa täyttää Suomessa valitsevat olosuhteet.

Näin saadaan MICE-luokitus määriteltyä myös ulkona tehtäviin asennuksiin. Sisätiloissa, joissa ei esiinny turvepölyä isommissa määrin, käytetään normaalin M₁I₁C₁E₁ – luokan mukaisia tuotteita. Ulkona ja kylmissä polttoaineen vastaanottopisteissä käytetään M₁I₂C₃E₁ – luokan täyttäviä kaapeleita ja komponentteja. Lämpimissä tiloissa, joissa kuitenkin esiintyy turvepölyä haittaavissa määrin, voidaan käyttää M₁I₂C₁E₁ – luokan tuotteita. Käytännössä tämä tarkoittaa, että käytetään ulkoasennukseen soveltuvia tuotteita.

3.4 Datajakokaapit

Talojakamoihin päätetään aluekaapelit sekä tulevat nousukaapelit, joille tässä vaiheessa jätetään pääosin vain tilavarauksia. HP2 alueella on jo tiedossa tulevia uusia kaapelointeja, joten siellä olevaan datajakokaappiin (JT02) on suunniteltu jo valmiiksi päätepaneeli nousukaapeloinneille.

Optiset nousu- ja aluekaapelit päätetään optisiin kytkentäpaneeliin. Ensisijainen optinen liittintyyppi on LC-liitin. Optiset kytkentäpaneelit voidaan asentaa kaappeihin, kaappirunkoihin tai telineisiin. Kaappeihin asennetaan myös talojakamossa tarvittavat lähiverkon laitteet ja muut laitteet, sekä sähköpistorasiapaneelit. Talojakamossa tulee olla tilaa myös maadoituskiskolle ja dokumentoinnin säilytykselle. (Nestor Cables Oy, 2017)

Sähköverkon mahdollisia häiriöitä varten datajakokaappeihin suunniteltiin UPS-varavirtalähteet. Näin mahdollistetaan, että nousu- ja aluekaapeloinnin sekä lähiverkon laitteet saavat sähkönsyöttönsä akkuvarmistettuna. Tilaaja määritteli, että UPS:n toiminta-aika tulee olla vähintään puolituntia. Toimilaitteet ovat tehoiltaan suhteellisen pieniä, yhteensä muutaman sata wattia, riippuen datajakokaapista ja siihen tulevien toimilaitteiden määrästä, kuitenkin alle 1000 wattia. UPS:eissa hankintahinta ja ylläpito hinta riippuvat vahvasti sen kapasiteetista. Mitä isompia kapasiteetti, sitä isompia laite myös fyysisesti on, kun tarvitaan isompi akusto. Kunnossapitoa ajatellen UPS tulee olla sellainen, että akku on vaihdettavissa ilman sähkökatkoa syötettävässä virtapiirissä. Tarkkaa käytettävää tyyppiä ei määritelty, mutta suunnitelmissa on esitetty esimerkkinä APC Smart-UPS X 2200VA, joka täyttää vaaditut ominaisuudet.

Osa datajakokaapeista tullaan sijoittamaan ulko-olosuhteisiin, kun tilojen puutteen vuoksi ne eivät mahdu teknisiin tiloihin. Toimilaitteet vaativat käyttölämpötilakseen +15...+35 °C (Nestor Cables Oy, 2017). Tällöin datajakokaappiin tarvitaan riittävän jäähdytyksen lisäksi termostaattiohjattu lämmitys ulkokaappien osalta.

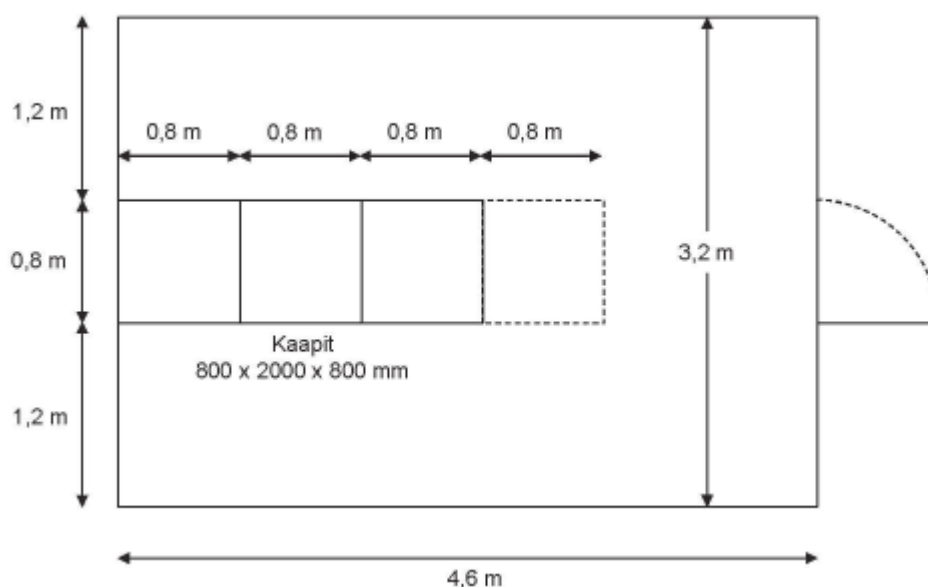
Datajakokaappien korkeutta kuvataan U-yksiköllä. U tulee englannin sanasta unit. 1 U on korkeudeltaan 44,4 mm (1,75 tuumaa). Kaappien korkeus ilmaistaan usein U-yksiköissä, esimerkiksi 42 U tai 45 U. Samoin laitteiden korkeutta kuvataan U-yksiköillä, esimerkiksi optinen päätepaneeli on tyypillisesti 1 U kokoinen.

Datajakokaapeista tehtiin erillinen A3 kokoinen paikantamispöytä helpottamaan niiden paikannusta työmaalla. Paikantamispöytä on käytännössä aluepiirustus pelkistettynä. Siihen on jätetty ainoastaan datajakokaapit ja näin ollen kuva on saatu supistettua A3 kokoiseksi, mutta kuitenkin niin, että luettavuus säilyy.

3.4.1 Sisäkaapit

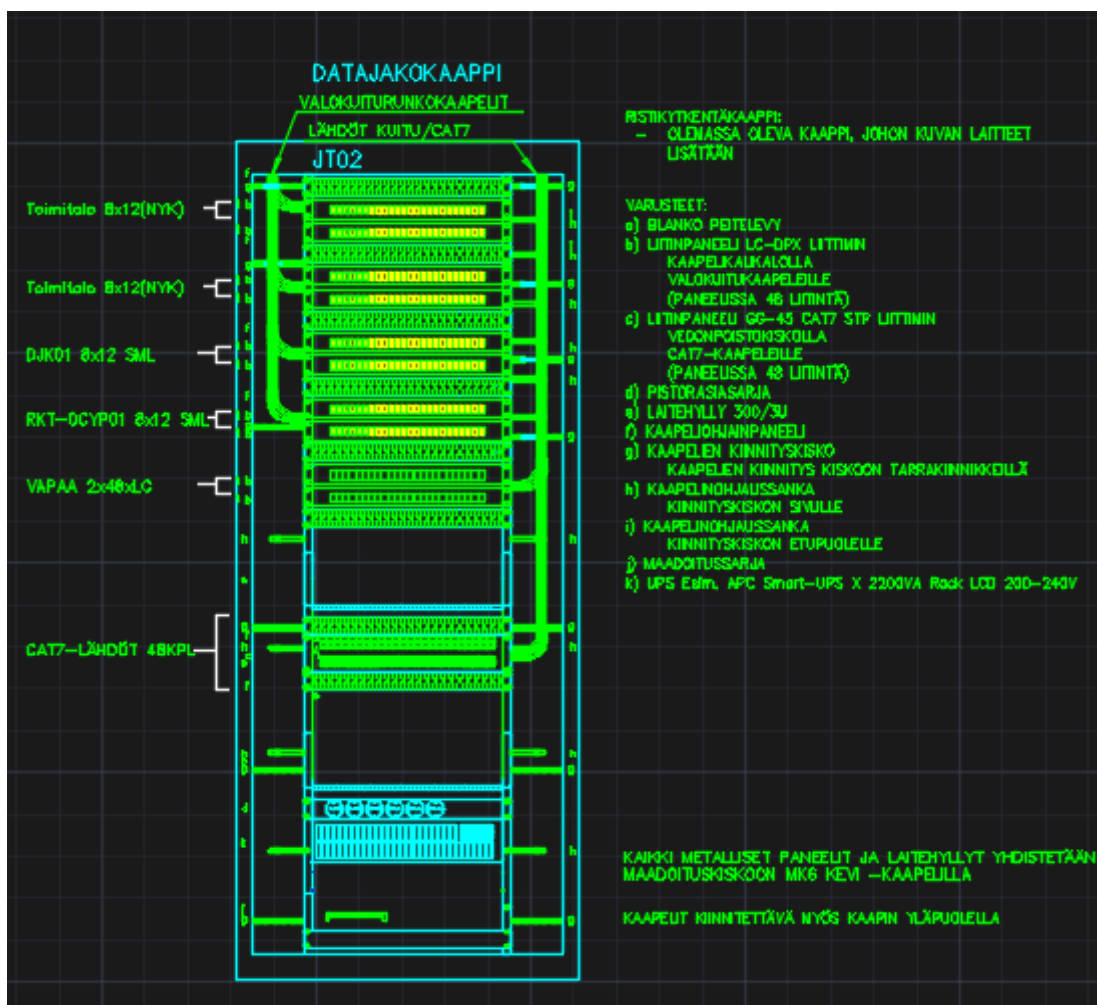
Ohjeissa ja standardeissa on määritelty mm. jakamotilojen mitat ja vapaat etäisyydet (KUVA 13). Nyt kuitenkin datajakokaappeja lisättiin olemassa oleviin tiloihin, joten kaapit oli käytettävä saatavilla olevia tiloja. Standardien suosittamia tilavaatimuksia ei pystytty täyttämään. Kaapit sijoitetaan kuitenkin niin, että kytkentä ja muutostyöt ovat mahdollisimman helposti tehtävissä.

Nykyisiä datajakokaappeja pystyttiin hyödyntämään HP2 ja näytteenottohallissa. Uusia datajakokaappeja runkoverkkoa varten tarvittiin yhteensä kuusi kappaletta, joista kolme sijoitettiin ulos. Eli sisätiloista tarvitsi selvittää sijainnit ja tilat kolmelle datajakokaapille. Tekniset tilat ja sähkökeskustilat olivat valtaosin suhteellisen täyteen ahdettuja, joten järkevien tilojen löytäminen vaati paikalla tehtävää selvitystä.



KUVA 13. Esimerkki talojakamon mitoituksesta (Nestor Cables Oy, 2017).

Datajakokaappeihin (esimerkki KUVA 14) sijoitettiin optiset päätepaneelit, lähiverkon CAT 7A päätepaneeli, UPS sekä jätettiin tilavarauksen toimilaitteille ja päätteelle. Käyttäjä arvioi, että 10 U riittää käyttäjän laitteille tilavaraukseksi. Tapauskohtaisesti osassa kaapeista tilaa jäi enemmänkin käytettäväksi, HP2 datajakokaapilla (JT02) vapaaksi jäävä tila oli kaikista pienin, johtuen sen sijainnista riisteyskohtana.



KUVA 14. Esimerkki datajakokaappi piirustuksesta, kuvassa DJK-JT02 (Alho, 2018)

3.4.2 Ulkokaapit

Ulkokaappien sisältö vastaa täysin sisätilojen datajakokaappien komponentteja. Erot tulevat varsinaisen kaappirungon osalta. Sen täytyy olla tiiviimpi jonka lisäksi tarvitaan termostaatilla ohjattu lämmitys kaapin sisälle, jotta toimilaitteiden käyttölämpötila voidaan ylläpitää myös kylmemmissä olosuhteissa. Lisäksi ilmanvaihdon tulee olla tehostetumpi aurinkoisia kesäkelejä ajatellen, ettei lämpötila kaapin sisällä pääse nousemaan liian korkeaksi.

Ulkokaapit suunniteltiin myös hieman pienempinä 20 U korkuisina, jotta lämmitystarve olisi pienempi. Lisäksi niillä ei ole samanlaista käyttötarvetta kuin sisätiloissa olevilla kaapeilla. Ne toimivat jakamoina mahdollisille uusille rakennuksille, jotta optinen verkko voidaan laajentaa niihin. Lisäksi ne palvelevat kameravalvontaa. Näin ollen toimilaitteiden määrä ja fyysinen tilan tarve ovat pienempiä kuin sisätiloissa.

3.5 Sähkönjakelu

Sähkönjakelu voidaan jakaa seuraaviin osiin:

- johtotiet ja kaapelointi
- keskuksset
- UPS-järjestelmä
- varavoimajärjestelmä
- potentiaalintasaus. (ST-käsikirja 16, 2014)

Tietoliikenteen toimilaitteet tarvitsevat sähköä toimiakseen, joten datajakokaapeille on tuotava myös sähkönsyöttö. Yksivaiheinen 230 V ryhmä on riittävä yhden datajakokaapin laitteille. Ulkokaapeille tuotiin lisäksi toinen yksivaiheinen ryhmä lämmitystä varten. Sähkönsyöttö kaapeille järjestettiin tilan muitakin sähkölaitteita syöttävältä jakokeskuksilta, joista löytyi varalähtöjä tai tilavaraus uuden lähdön sijoittamiselle. Ulkokaappien sähkönsyöttö järjestettiin kenttäkeskuksien kautta. Käytetään olemassa olevia johtoteita, kaapelihyllyjä ja putkituksia.

Verkon toimintojen takia sähkönsyöttö tuli olla varmennettua. Pienen tehon tarpeen ja pitkien etäisyyksien takia varmennettu sähkönsyöttö toteutetaan yksilöllisillä UPS-laitteilla. Eli jokaiseen datajakokaappiin tulisi oma UPS-laite. Keskitetyllä ratkaisulla kaapelointi etäisyydet olisivat kasvaneet liian suuriksi, joka olisi aiheuttanut jännitteen alenemaa ja sitä kautta vaatinut turhan suurta järjestelmää. UPS-laitteilla varmistetaan lyhyet katkokset ja mahdollistetaan laitteiden hallittu alasajo sähkökatkon aikana. UPS-järjestelmällä ei syötetä jäähdytyslaitteita eikä muita suurta tehoa kuluttavia laitteita. UPS-järjestelmä voi mahdollistaa myös rinnankäynnin, jolloin UPS-järjestelmän luotettavuus paranee. (ST-käsikirja 16, 2014) UPS-laitteen valintaa on käsitelty aiemmin luvussa 3.4 Datajakokaapit.

Maadoitus ja potentiaalintasaus tulee suunnitella standardin EN 50310 mukaisesti. Jakamotilat tulee varustaa potentiaalintasauskiskolla. Jokainen kaappi tai teline tulee yhdistää erikseen jakamon potentiaalintasauskiskoon. Potentiaalintasauskaapista ei saa ketjuttaa. Kaappien ja telineiden potentiaalintasausjohtimien poikkipintoja koskevat seuraavat standardien EN 50310 ja SFS 6000-4-44 mukaiset vähimmäisvaatimukset:

- 4 mm² kaapille tai telineelle, joka on matalampi tai yhtä suuri kuin 21 U
- 16 mm² kaapille tai telineelle, joka on korkeampi kuin 21 U
- 25 mm² usean kaapin sijoitustilan (esim. talojakamo, kerrosjakamo) maadoituskiskolle. (ST-käsikirja 16, 2014)

Sisätilojen korkeammille (41 U) datajakokaapeille tuli suunnitella 16 mm² ja pienemmille ulkokaapeille (20 U) 6 mm² potentiaalintasausjohdin lähimmältä potentiaalintasauskiskolta. Datajakokaapeissa kaikki metalliset paneelit ja laitehyllyt yhdistetään datajakokaapin maadoituskiskoon MK 6 kevi – kaapelilla.

3.6 Tarjousasiakirjat

Työhön kuuluu suunnitelmien lisäksi dokumentit urakan tarjouspyyntöä varten. Näiden dokumenttien avulla voidaan kilpailuttaa työntekijä. Sähköselitys kuuluu sinällään jo sähkösuunnitelmaan, mutta on myös merkittävässä asemassa urakanlaskentaa ajatellen, joten mainitsen sen tässäkin yhteydessä. Tarjousasiakirjoja ei tulla käymään läpi tarkemmin tässä opinnäytetyössä. Jokaisella yrityksellä on niihin omanlaisensa pohjat ja yleisiä pohjia löytyy internetistä.

Urakkalaskentaa varten tehtiin seuraavat dokumentit:

- sähköselitys
- sähköurakan hankintarajat
- yksikköhintaluettelo
- tarjouskaavake
- tarjouspyyntö.

4 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa Kuopion Energian voimalaitoksen alueelle toimiva ja muunneltava optinen tietoliikenneverkko. Työssä käytiin läpi optisen tietoliikenneverkon ominaisuuksia sekä hieman vertailtiin sen eroavaisuuksia parikaapelointiin verrattuna. Tällä pyrittiin tuomaan teoriataustaa siihen, miksi optisia kaapelointeja käytetään ja tarvitaan nykyisin yhä enemmän. Varsinaisena työsuorituksena laadittiin suunnitteludokumentit optisen runkoverkon toteutukseen ja lisäksi asiakirjat urakantarjouspyyntöä varten.

Työn tuloksena saatiin valmis suunnitelma optisen tietoliikennesrunkoverkon toteuttamiseen Haapaniemen voimalaitoksen alueelle. Runkoverkon toteuttamisen jälkeen, voidaan ruveta miettimään pienempiä kokonaisuuksia, jotka liitetään nykyisestä runkoverkosta uuden runkoverkon kautta kulkeviksi.

Työssä eniten selvitystä vaati standardisarjan EN 50173 määrittelemä MICE-luokitus. Tämä ympäristöluokitus on suhteellisen uusi asia, eikä ole yleisesti kovin hyvin tiedossa. Yksittäisistä asioista MICE-luokituksen selvittäminen vei kaikista eniten aikaa.

LÄHDELUETTELO

Helkama. (2001). *Flash cord - Valokaapelit tele- ja tietoverkossa*. Helkama.

Miettinen, M. (2015). *Kuitukaapeliasennukset*. Kuopio: Savon ammatti- ja aikuisopisto.

Nestor Cables Oy. (2017). *Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit -kirja*. Noudettu osoitteesta nestor cables:

<http://www.nestorcables.fi/nestor-cables-oy/aineistopankki/kiinteistöjen-optiset-kaapeloinnit-kirja>

Onninen Oy. (2012). *Eurooppalainen yleiskaapelointi - opas standardisarjan EN 50173 soveltamiseen* (2. painos 2012 p.). Onninen Oy.

Pekka Koivisto Oy. (2009). *Asentajasarja - Optiset kaapeloinnit kiinteistöissä*. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.

SFS-EN 50173-1. (2010). *Tietotekniikka. Yleiskaapelointijärjestelmät. Osa 1 yleiset vaatimukset. Vahvistettu 31.10.2010*. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

ST-käsikirja 16. (2014). *ST-käsikirja 16, yleiskaapelointi järjestelmät*. Espoo: Sähkötieto ry.

Suntekno Oy. (2. 1 2018). *Suntekno Oy tietopankki*. Noudettu osoitteesta suntekno.bonsait.fi:

<http://suntekno.bonsait.fi/resources/public/tietopankki/aurinkoenergia.pdf>